

Yeni tasarım yaklaşımı, ultra yüksek performanslı betonun maliyetini önemli ölçüde düşürebilir



Pennsylvania Eyalet Üniversitesi (Penn State) mühendislerinden oluşan bir araştırma ekibi, ultra yüksek performanslı betonun (UHPC) daha ekonomik hâle getirilmesine yönelik yeni yaklaşımlar geliştirmektedir. Ekip, farklı UHPC karışımlarını laboratuvar deneyleriyle test etmiş; bunlar arasında, betonun çekme dayanımını gerilme altında hassas biçimde ölçebilen özgün bir deney düzeneği de kullanılmıştır. Kaynak: Poornima Tomy / Penn State

UNIVERSITY PARK, Pensilvanya - Beton, dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemesi olmasına rağmen çekme gerilmeleri altında gevrek davranış gösterir ve kolaylıkla çatlayabilir. Ultra yüksek performanslı beton (UHPC) ise son derece yoğun yapısı ve üstün dayanıklılığı ile öne çıkan özel bir beton türüdür. Bu tür betonda, eğilme ve

**New design approach
may help slash the
price of ultra-durable
concrete**

Concrete, although the most common building material in the world, is brittle and can easily crack under tension.

çatlamaya karşı direnç sağlamak için çelik lifler kullanılır, ancak bu lifler nedeniyle UHPC'nin maliyeti, geleneksel betona kıyasla 30 kata kadar daha yüksek olabilmektedir. Penn State liderliğindeki araştırma ekibi, UHPC'nin performansından ödün vermeden maliyetini önemli ölçüde azaltabilecek yeni bir tasarım yaklaşımı geliştirmiştir.

Ultra-high-performance concrete (UHPC) is a special class of concrete known for its dense structure and extreme durability. This class uses internal metallic fibers to flex and resist cracking – the downside being these fibers can lead the material to cost up to 30 times more than traditional concrete. A team of researchers, led by engineers from Penn State, is laying the foundation to help builders get more bang for their buck when using this specialized compound.

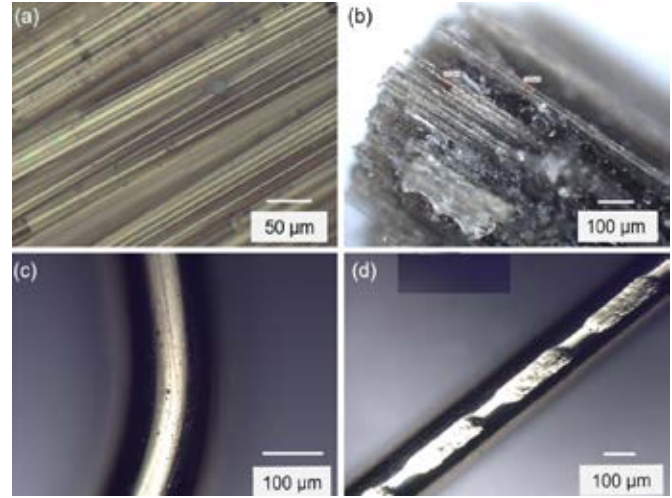
Ekip, metalik ve metalik olmayan liflerle güçlendirilmiş farklı UHPC karışımlarının mekanik dayanımını ve sünekliğini yani çatlamadan önce şekil değiştirebilme kapasitesini belirlemek amacıyla kapsamlı deneyler gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmalar, malzemenin fiyatını %75'e kadar azaltabilecek optimizasyon parametrelerini ortaya koyarken, UHPC'nin yüksek dayanım, süneklik ve dayanıklılık özelliklerinin korunabileceğini göstermiştir. Ekip, bu yaklaşımın dünya çapındaki malzeme üreticilerinin, altyapı sahiplerinin ve inşaat şirketle-

rinin sadece maliyet tasarrufu sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda daha dayanıklı ve çevre dostu beton geliştirmelerine de yardımcı olabileceğini belirtmiştir. Ekip, çalışmalarını "Cement and Concrete Composites" dergisinde yayımlamıştır.

Penn State Üniversitesinde John ve Harriette Shaw İnşaat ve Çevre Mühendisliği Profesörü ve İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı olan çalışmanın ortak yazarı Farshad Rajabipour'a göre, UHPC, yüksek mukavemeti, sünekliği ve olağanüstü dayanıklılığı sayesinde köprüler, yüksek katlı binalar veya kıyı koruma yapıları gibi büyük ve dayanıklı yapıların inşasında kritik bir öneme sahip hâle gelmiştir. Rajabipour, özellikle UHPC'nin köprü inşaatını hızlandırmanın anahtarı olduğunu ve bu sayede eskiden aylar süren köprü yapımı ve onarımlarının sadece birkaç gün veya haftaya indirgenmesine yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Rajabipour, "Köprü elemanları fabrikada önceden imal ediliyor, daha sonra şantiyeye taşınarak adeta Lego parçaları gibi birleştiriliyor. Köprünün ana taşıyıcı elemanları geleneksel betonla üretilirken, bu elemanları birbirine bağlayan yüksek dayanımlı grout UHPC'den oluşuyor. Dolayısıyla UHPC, geleneksel betonun yerine geçmek için değil, yüksek performans gerektiren kritik bağlantıları sağlamak amacıyla kullanılıyor." diye açıklıyor.

UHPC'nin yüksek dayanımı ve sünekliği, beton matrisi içerisine homojen olarak dağıtılmış binlerce minik çelik lif sayesinde elde edilmektedir. Yaklaşık 13 mm uzunluğunda ve 0,2 mm kalınlığındaki bu lifler; çimento, su, agrega ve mineral katkılardan oluşan matris içerisinde mekanik olarak kenetlenerek yüksek çekme gerilmeleri altında daha esnek bir malzeme oluşturur.



Yukarıda, mikroskop altında yüksek büyütmeyle görüntülenen farklı iç lif türleri görülmektedir. Bunlar; sıkı demetler hâlinde bir araya gelmiş fibrille bazalt lifleri (a), reçine ile birbirine bağlanmış iç cam liflerinden oluşan lif takviyeli polimer (FRP) (b), kancalı çelik lifin büyütülmüş uç kısmı (c) ve tek bir yivli çelik lif (d) örneklerini içermektedir. Bu iç lifler, ultra yüksek performanslı betonun (UHPC) üstün mekanik dayanımını sağlayan temel bileşenlerdir. Kaynak: Farshad Rajabipour tarafından sağlanmıştır. Tüm hakları saklıdır.

Ancak Rajabipour'a göre maliyetin temel nedeni de yine bu liflerdir. Toplam hacmin yalnızca yaklaşık %2'sini oluşturmalarına rağmen, UHPC maliyetinin yaklaşık %70'inden sorumludur. Ayrıca UHPC'nin çoğu zaman ticari olarak patentli ve torbalanmış hazır karışımlar hâlinde satılması da maliyeti daha da artırmaktadır. Rajabipour'a göre, malzemeyi ticari açıdan daha erişilebilir ve uygun fiyatlı hâle getirmenin anahtarı, liflerin optimize edilmesidir.

Araştırma kapsamında toplam 15 farklı UHPC karışımı hazırlanmıştır. Bunların dokuzu farklı miktarlarda ve farklı geometrilerde çelik lif içerirken, araştırmacılar aynı performansın daha az lif kullanılarak elde edilip edilemeyeceğini incelemiştir.

Rajabipour, "Farklı lif uzunlukları, çapları ve geometrileri denedik. Lif yüzeylerinde girintiler oluşturduk, burulmuş lifler kullandık ve küçük kancalar ekleyerek çimento matrisiyle daha iyi kenetlenmelerini sağlamaya çalıştık. Eğer aynı hatta daha yüksek performansı daha az lif kullanarak elde edebilirsek, malzemenin maliyetini büyük ölçüde düşürebiliriz." diyor.

Ekip ayrıca, fibrille edilmiş, yani çok ince cam ipliklerden, bazalt olarak bilinen bir taş türünden ve cam veya karbon lifleriyle takviye edilmiş polimerden oluşan metalik olmayan lifler kullanarak altı karışımı test etmiştir. Bu malzemeler ge-

leneksel çelik lifler kadar güçlü olmasa da Rajabipour, benzer performans sağlayabilecek bir metalik olmayan lifin belirlenmesi, UHPC'nin toplam maliyetini düşürme yolunda büyük bir adım olabileceğini belirtilmektedir.

Ardından, tek tek numuneler, farklı beton karışımlarının temel mekanik özelliklerini değerlendirmek üzere ekip tarafından geliştirilen bir dizi teste tabi tutulmuştur. Ekip, her bir karışımın taze hâldeki akışkanlığını değerlendirmiştir. Rajabipour, bunun hızlı ve yüksek kaliteli inşaat projelerinde kullanımını değerlendirirken anlaşılması gereken önemli bir unsur olduğunu belirtmektedir; ayrıca basınç mukavemetini, yani malzemeye basınç uygulayan kuvvetler altında dayanıklılığını; çekme mukavemetini, yani malzemeyi çeken kuvvetler altında dayanıklılığını; sünekliği; ve lif ile çimento matrisi arasındaki aderansı incelemiştir.

Deney sonuçlarına göre özellikle iki çelik lif tipi (mikro çelik lif ve yivli çelik lif) lif hacmi yarıya düşürülmesine rağmen performansını büyük ölçüde koruyabilmiştir.

Ayrıca ekip, UHPC'nin performansı üzerinde en büyük etkiye sahip özelliklerin hangileri olduğunu belirlemiştir. Boy/çap oranı yüksek lifler, çekme performansını belirgin şekilde artırmaktadır. En yüksek performans, liflerin gerilme altında kopmasından önce kontrollü biçimde beton matrisinden sıyrılarak çıkması sayesinde elde edilmektedir. Günümüzde ticari olarak satılan metalik olmayan lifler henüz çelik liflerle aynı performansı sağlayamasa da, geliştirilecek yeni tasarımların çok daha düşük maliyetle benzer performans sunma potansiyeli bulunmaktadır.

Rajabipour, "Artık hangi parametrelerin maliyeti düşürürken performansı koruyacağını sayısal verilerle ortaya koyabiliyoruz. Lif hacmi önemlidir, lif sayısı önemlidir ve lif-matris aderansı da önemlidir, ancak bunların göreceli etkilerini daha önce nicel olarak ortaya koyamamıştık." diyor.

Ekip, bundan sonra farklı lif bileşimleri üzerine daha fazla araştırma yapmayı, yeni metalik olmayan lifleri keşfetmeyi ve mevcut üretim yaklaşımlarını optimize etmeyi planlamaktadır. Ayrıca araştırmacılar, UHPC üretimi sırasında oluşan karbondioksit emisyonlarını azaltmak için farklı fırsatları incelemeye devam etmeyi ve bu malzemenin sürdürülebilirliğini büyük ölçüde artırmayı planlamaktadır.

Rajabipour, "UHPC üretiminin yalnızca birkaç patentli formülasyonla sınırlı kalmaması için uygulanabilir bir yol ortaya koyduk. Lifler sadece maliyetin değil, aynı zamanda karbon emisyonlarının da en büyük kaynağını oluşturuyor. Dolayısıyla geliştirdiğimiz yaklaşım hem maliyetleri hem de çevresel etkileri azaltabilecek önemli bir potansiyele sahiptir." diye çalışmayı açıklıyor.

Rajabipour, Larson Ulaşım Enstitüsü ve Malzeme Araştırma Enstitüsü bünyesinde de görev yapmaktadır.

Çalışmanın diğer ortak yazarları arasında, Rajabipour'un doktora danışmanlığını yürüttüğü araştırmacılar da yer almaktadır. Abdullah Al Moman, Dutchland'de yapısal tasarım mühendisi olup Penn State Üniversitesinden inşaat mühendisliği alanında doktora derecesi almıştır. Deepika Sundar, CalPortland'da araştırma bilimcisi olup Penn State Üniversitesi'nden inşaat mühendisliği alanında doktora derecesi almıştır. Amir Alarab ise, AECOM'da yapısal mühendis olarak görev yapmakta olup doktora derecesini Penn State Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden almıştır.

Çalışmanın diğer ortak yazarları ise Penn State Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü yardımcı araştırma profesörü Shaohua Chu ile Jovan Tatar, University of Delaware İnşaat, Yapım ve Çevre Mühendisliği Bölümü doçentidir.

Araştırma, ABD Ulaştırma Bakanlığı (U.S. Department of Transportation) ile Pennsylvania Ulaştırma Bakanlığı (Pennsylvania Department of Transportation) tarafından desteklenmiştir.

Penn State Üniversitesi'nde araştırmacılar, Pennsylvania Eyaleti'nde, ABD genelinde ve dünya çapında insanların sağlık, güvenlik ve yaşam kalitesini etkileyen gerçek sorunlara çözüm üretmeye yönelik araştırmalar yürütmektedir.

Uzun yıllardır araştırmalara sağlanan federal destek; ülkeyi daha güvenli hâle getiren, sanayinin rekabet gücünü artıran ve ekonomiyi güçlendiren yeniliklerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır ancak son dönemde araştırma fonlarında yapılan federal kesintiler, bu ilerlemenin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Kaynak: www.psu.edu/news/research/story/new-design-approach-may-help-slash-price-ultra-durable-concrete

Veri merkezleri betondan vazgeçebilir mi?



Yüksek yoğunluklu işlem gücü, daha ağır zemin yükleri ve daha sıkı yangın derecelendirmeleri gerektiriyor ve bu da betonun çekirdek yapımında merkezi bir unsur hâline getiriyor.

Veri merkezi geliştiricileri aynı anda iki yönden baskı altındadır. Yapay zekâ alt yapısına yönelik artan talep, bir zamanlar yıllar süren inşaat sürelerini aylarla ölçülen takvimlere sıkıştırdı. Aynı zamanda, yeni yapılarda gömülü karbonun incelenmesi yoğunlaşıyor.

Beton, her iki baskının da merkezinde yer alıyor. Temellere, yapısal döşemelere ve ekipman platformlarında kullanılır ve önemli bir gömülü karbon maliyeti taşır. Sektörün betona olan bağımlılığı tesadüfi değildir: Yük gereksinimleri, titreşim kontrolü, yangın dayanımları ve kod uyumluluğu, uzun

Can Data Centers Ditch Concrete - or Just Use Less of It?

Data center developers are being squeezed from two directions at once. Surging demand for AI infrastructure has compressed construction timelines that once spanned years into sprints measured in months. At the same time, scrutiny of the embodied carbon in new builds is intensifying.

zamandır geleneksel betonu kritik öneme sahip yapıların varsayılan malzemesi hâline getirmiştir.

Bu durum, sektörün doğrudan ele almakta yavaş davrandığı bir soruyu gündeme getiriyor: Veri merkezleri geleneksel betona olan bağımlılıklarını anlamlı bir şekilde azaltabilir mi, yoksa bu malzeme yapısal olarak o kadar yerleşik ki yerini başka bir malzemeye bırakmak mümkün değil mi?

Bazı operatörler için başlangıç noktası, herhangi bir bileşenin tanım gereği yasaklı olduğu varsayımını reddetmektir. Equinix'in Küresel Ana Planlama Kıdemli Direktörü Andrew Higgins, Data Center Knowledge'a verdiği demeçte, "Bir veri merkezinin hiçbir parçası alternatif malzemeler için doğası gereği yasaklı değildir. Önemli olan, temeller veya cepheler

olsun, her bileşenin yapısal bütünlük, güvenlik ve güvenilirlik için katı performans gereksinimlerini karşılamasıdır.” dedi.

Temel yapılar neden hâlâ betona dayanıyor?

Temeller, yapısal döşemeler ve ekipman platformları, beton alternatiflerinin haklı çıkarılmasının en zor olduğu yerlerdir. Bu kararların temelini oluşturan yapısal gereksinimler statik değildir ve önemli açılardan karşılanması giderek zorlaşmaktadır.

Sektörün yapay zekâ için sıvı soğutmaya geçişi, gereksinimleri azaltmak yerine artırıyor. DataBank’ın Sürdürülebilirlik Kıdemli Direktörü Jenny Gerson, Data Center Knowledge’a verdiği demeçte, “Sıvı soğutmaya geçiş aslında bunu daha da şiddetlendiriyor: Yapay zekâ iş yükleri, daha ağır termal depolama sistemleri ve kaynaklı paslanmaz çelik ikincil devreler gerektiriyor; bu da daha güçlü yapısal tasarımlar gerektiriyor.” dedi.

Hesaplama yoğunluğu durumu açıkça ortaya koyuyor. WhiteFiber’ın Veri Merkezleri Başkanı Billy Krassakopoulos, modern GPU kümelerinin raf başına 50 ila 150 kW arasında güç çekebildiğini, bunun birçok tesisin başa çıkmak üzere tasarlandığından birkaç kat daha fazla olduğunu belirtti. Bu yoğunluklarda, geleneksel beton, yük ve yangın dayanımı gereksinimlerini karşılayan en güvenilir yol olmaya devam ediyor.

Bu da çekirdekte malzeme denemeleri için çok az yer bırakıyor.

Krassakopoulos, “Yüksek yoğunluklu bilgi işlem, soğutma altyapısı ve güç dağıtımının bulunduğu alanlar şu anda malzeme denemeleri için uygun yerler değil ve bu, sırf muhafazakarlık olsun diye değil. Kritik bir ortamda yapısal bir arızanın sonuçları o kadar ciddidir ki herhangi bir alternatifin ispat yükü son derece yüksektir ve piyasanın şu anda talep ettiği hızda inşa eden hiçbir geliştirici, yapısal katmanda bu riski almayacaktır.” dedi.

Şu Anda İşe Yarayanlar: Düşük karbonlu karışımlar, ahşap, yenilemeler

İlerleme, kampüs binalarının kritik olmayan kısımlarında en belirgin şekilde görülüyor. Equinix, Frankfurt’taki bir idari binada masif ahşap kullandı ve LD14 projesinde düşük karbonlu beton kullandı. DataBank, Dallas ve New York’ta düşük karbonlu beton karışımları kullandı. WhiteFiber’ın Madison,

Concrete sits at the center of both pressures. It dominates foundations, structural slabs, and equipment pads – and it carries a significant embodied-carbon cost. The industry’s reliance on concrete is not incidental: load requirements, vibration control, fire ratings, and code compliance have long made conventional concrete the default for mission-critical construction. That raises a question the sector has been slow to confront directly: Can data centers meaningfully reduce their dependence on conventional concrete, or is the material too structurally embedded to displace?

Kuzey Carolina’daki NC-1 projesi farklı bir yaklaşım benimsedi; mevcut bir endüstriyel binayı veri merkezine dönüştürdü ve orijinal yapının malzeme kararlarını yönlendirmesine izin verdi.

Bu tadilat disiplini, sıfırdan inşaata kıyasla daha iyi malzeme seçimleri sunma eğilimindedir. Krassakopoulos, “Mevcut bir endüstriyel binayı veri merkezine dönüştürürken... orijinal yapının size sunduğu her şeyle çalışıyorsunuz ve yeni betonun gerçekten gerekli olduğu yerler ile mevcut yapının yükü taşıyabileceği yerler arasında hedefli kararlar alıyorsunuz.” dedi.

Düşük karbonlu beton karışımları – en yaygın olarak uçucu kül ve öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu gibi ek çimentolu mal-

zemeler kullanılarak – en hızlı ilerleme yolunu sunmaktadır. Yapısal hesaplamalarda veya tedarik süreçlerinde değişiklik gerektirmezler. Gerson, bu karışımların maliyet farkının önemli ölçüde azaldığını ve daha önce benimsenmeyi engelleyen bir bariyerin ortadan kalktığını belirtti.

Ayrıca, Microsoft gibi büyük teknoloji şirketlerinin son inşaatları da dâhil olmak üzere, üst yapılarda masif ahşap da giderek daha fazla ilgi görüyor.

Bentley Systems’in Yapı Mühendisliği Başkan Yardımcısı Josh Taylor, dijital modelleme araçlarının, tasarım ekiplerinin bir şartnameye karar vermeden önce alternatif malzemeleri kod gerekliliklerine göre doğrulamalarına olanak tanıyarak mühendislik riskini azalttığını savunuyor.



Meta, Aiken County, Güney Carolina’daki veri merkezi için yönetim binasını ağırlıklı olarak ahşaptan inşa ediyor.

Neden benimsenme gecikiyor?

Mühendislik muhafazakarlığı ve kod onayı, bilindik sürtüşme noktalarıdır ancak satın almaya en yakın operatörlere göre, daha kalıcı sorun zamanlamadır.

Krassakopoulos, "Daha kalıcı sorun, düşük karbonlu malzemelerin, çoğu projenin şu anda çalıştığı geliştirme zaman çizelgelerinden daha uzun teslim süreleri ve daha erken tasarım kararları gerektirmesidir." dedi. Yapay zekâ altyapısının programları sıkıştırmasıyla, altı ay içinde faaliyete geçmesi gereken bir tesis, genellikle yalnızca bulunabilirlik nedeniyle geleneksel betona yöneliyor, diye ekledi.

Yeniden işleme riski, zamanlama zorluğunu daha da artırıyor. Gerson, "Kritik öneme sahip inşaatlarda yeniden işlemeye neredeyse hiç tolerans yoktur ve milyonlarca dolarlık bir gecikmenin söz konusu olduğu bir projede alışılmadık bir şeyi belirtmek zor bir durumdur." dedi.

Tedarik zinciri daha fazla değişkenlik katıyor. Sidara'da sürdürülebilirlik ve uygulama grup yöneticisi Balsam Nehme, birçok pazarda düşük karbonlu malzemelerin geleneksel seçenekler kadar bulunabilir veya maliyet etkin olmadığını söyledi. Sürdürülebilirlik hedefleri baştan itibaren proje KPI'larına dâhil edilmedikçe, somutlaştırılmış karbon hedefleri genellikle zamanlama, dayanıklılık ve sermaye harcamaları lehine önceliklendirilmiyor.



Betonarme elemanlara sabitlenmiş ağır ekipman platformları, kritik öneme sahip bölgelerde hâkim olmaya devam ediyor.

For some operators, the starting point is rejecting the assumption that any component is off-limits by definition. "No part of a data center is inherently off-limits to alternative materials," Andrew Higgins, senior director of global master planning at Equinix, told Data Center Knowledge. "What matters is that every component, whether foundations or façades, meets strict performance requirements for structural integrity, safety, and reliability."

Related:Eco-Friendly Innovations: A Guide to Green Materials in Data Centers
Why Core Structures Still Rely on Concrete

Gerçekçi ileriye yönelik yol

Betonu ortadan kaldırmayı hedef olarak belirlemek kendi sorununu yaratıyor. Gerson, "Betonu ortadan kaldırmak gerçekçi bir hedef değil ve bunu bu şekilde çerçevelemek, sektörün ilk etapta ulaşılamayan bir hedefi tutturamadığı için eleştirilmesine yol açıyor." Dedi.

Higgins, Equinix'in yaklaşımını proje bazında uygulanan üç aşamalı bir çerçeve olarak tanımladı:

1. Verimli tasarım ve mümkün olduğunca mevcut yapıların yeniden kullanımı yoluyla malzeme kullanımından tamamen kaçınmak.

2. Tüm bina yaşam döngüsü değerlendirilmeleri doğrultusunda, mümkün olan yerlerde daha düşük karbonlu alternatiflerle ikame ederek etkiyi azaltmak.

3. Pazar düzeyinde yeni düşük karbonlu çözümleri ölçeklendirmek için tedarikçiler ve yüklenicilerle çalışmak.

İnşaatteki gömülü karbon, resmin sadece bir parçası ve en büyük parçası değil. Krassakopoulos, "Sektör orantılılık konusunda da dürüst olmalı. Yapı altyapısı etrafındaki enerji ve su hikayesi, inşaat malzemeleri etrafındaki gömülü karbon hikayesinden kat kat daha büyük ve odak noktası bu gerçeği yansıtmalı." dedi.

Uzun vadede, çimento fabrikalarında karbon yakalama, gidişatı değiştirebilir. Teknoloji bugün maliyet açısından bir prim taşıyor ancak ölçeklenmeye başlıyor. Nehme, "Birçok Avrupa pazarında gördüğümüz bir şey, çimento fabrikalarında karbon yakalamanın yükselişi; bu da beton karışımını etkili bir şekilde karbondan arındırıyor." dedi.

İleriye dönük yol, ortadan kaldırmak değil, azaltmak ve karbondan arındırmaktır. Higgins, "Gerçekçi olmak gerekirse, sektörün ileriye dönük yolu, mümkün olan yerlerde daha az beton kullanmak ve gerekli olan her şeyi tamamen ortadan kaldırmak değil, karbondan arındırmaktır." dedi.

Kaynak: <https://www.datacenterknowledge.com/green-materials/can-data-centers-ditch-concrete-or-just-use-less-of-it>

Kaliforniya'nın başarılı okyanus deneyi: 9 metrelik beton küreler bataryalara dönüşüyor

Kaliforniya kıyılarında, su altında bulunan dev bir yapı, bataryalar ve resifler konusunda yeniden düşünmeye zorluyor.



California's successful ocean experiment. How 9-meter concrete spheres become game-changing batteries

Why are engineers celebrating a device that fails if it floats? Off the California coast, a submerged giant is forcing a rethink of batteries and reefs alike.

California ocean experiment concrete spheres batteries

Long Beach açıklarında, devasa bir beton küre, deniz tabanında sessizce deniz suyunu emip bırakarak temiz enerji depoluyor. Almanya'nın Fraunhofer IEE şirketi tarafından tasarlanan StEnSea konsepti, depolama ve elektrik üretimi arasında geçiş yapmak için doğal basıncı kullanıyor ve ABD'li ortak Sperra 3D baskılı yüzeyler sağlıyor. Yapı aynı zamanda yapay bir resif görevi görüyor, dokulu yüzeyi deniz yaşamını davet ederken yenilenebilir enerjinin en zor sorunlarından birini çözüyor. Pilot proje başarılı olursa, Norveç'ten Japonya'ya kadar daha derin kıyılar daha büyük ünitelere ev sahipliği yapabilir.

Dalgaların altında somut bir çözüm

Kaliforniya kıyılarında, mühendisler Long Beach yakınlarında deniz tabanına beton küreler indirerek temiz elektriği depolamanın yeni bir yolunu test ediyorlar. Her biri yaklaşık 9 metre çapında olan bu gri devler, bir gün şebekeyi dengelemeye yardımcı olabilir. Ya okyanusun kendisi pilimiz olursa? Deneme, ABD'li ortaklarla birlikte Almanya'nın Fraunhofer IEE araştırmacıları tarafından yürütülüyor ve büyük hedefleri olan gerçek dünya pilot projesi.

Yenilenebilir enerjinin neden daha iyi depolamaya ihtiyacı var?

Güneş panelleri güneşe ihtiyaç duyuyor, rüzgâr çiftlikleri de esintiye. Sonra bulutlar geliyor veya rüzgâr esintileri azalıyor. Bu uyumsuzluk hâlâ şebekeyi rahatsız ediyor. Lityum iyon piller hızlı ama pahalı ve kaynak yoğun. Pompalı hidroelektrik çalışıyor, ancak geniş araziler ve büyük izinler gerektiriyor. Su altı beton küreler, daha küçük bir çevresel ayak izi ve değerli kıyı şeridinin minimum kullanımıyla denizde enerji depolayarak farklı bir yol vaat ediyor.

Su altı küreler nasıl çalışıyor?

StEnSea projesi olarak bilinen sistem, su altı basıncından yararlanıyor. Elektrik fazlası olduğunda, pompalar içi boş bir küreden suyu dışarı iterek enerjiyi basınç farkı olarak depoluyor. Talep arttığında, vanalar açılıyor, su geri akıyor ve bir türbin enerji üretiyor. Tek bir 9 metrelik ünite yaklaşık 400 ton ağırlığında. Ekip, bir kürenin tipik bir ABD evine yaklaşık bir yıl boyunca yetecek kadar elektrik sağlayabileceğini ve yaklaşık 50 ila 60 yıl boyunca tekrar tekrar döngüsel olarak çalışabileceğini, jeneratör değişiminin ise yaklaşık her 20 yılda bir sualtında yapılacağını söylüyor.

Çevre dostu teknoloji deniz yaşamıyla buluşuyor

ABD'li ortak Sperra, algleri, mercanları ve omurgasızları çeken pürüzlü, biyolojik olarak duyarlı yüzeyler oluşturmak için büyük formatlı 3D baskı kullanıyor. Bu küreler yapay resif görevi görerek balıklar için barınak oluşturabilir ve yerel biyoçeşitliliği artırabilir. Fraunhofer IEE'den Dr. Bernhard Ernst'e göre amaç, deniz yaşamını desteklerken sessizce enerji depolayan bir tasarım elde etmektir.

Geleceğe bakış

Eğer Kaliforniya'da performans ve izinler uyumlu olursa, benzer uygulama Pasifik Kuzeybatısı, New England ve Körfez Kıyısı boyunca ve ayrıca yurt dışındaki derin kıyı sularında da ortaya çıkabilir. Ekip, daha yüksek kapasite için daha büyük 30 metrelik kürelerin taslaklarını zaten çiziyor. Gerçekten de, bu pilot proje başarılı olursa, okyanusun derinliği ve basıncı, önümüzdeki on yıllar boyunca uzun süreli depolamada bir çözüm haline gelebilir.

Kaynak: <https://3dvp.com/en/california-s-successful-ocean-experiment-how-9-meter-concrete-spheres-become-game-changing-batteries/>

Taban külü



Uluslararası Çevre Mühendisliği Dergisinde (IJEE) yayımlanan bir araştırma, yakılan belediye katı atıklarından elde edilen külün, belirli bir konsantrasyonun altında, inşaat malzemelerinde mukavemet kaybı olmadan çimentoda dolgu maddesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Araştırmacılar, atık yakma işleminden elde edilen ince öğütülmüş bir kalıntı olan külden geri dönüştürülen mikronize tozu incelediler. Kimyasal bileşimini ve inşaatla kullanılan çimento, kum ve su karışımı olan harcın bir bileşeni olarak performansını test ettiler.

Belediye atıklarının yakılması, depolama alanı talebini azaltır ve enerji üretebilir, ancak büyük miktarda kül kalıntısı üretir. Çin'in büyük şehirlerinde, yılda 200 milyon metrik tondan fazla belediye atığı yakılırken, yaklaşık 20 milyon metrik ton taban külü depolama alanlarına gönderiliyor.

IJEE makalesi, taban külünün silisyum dioksit, kalsiyum oksit, alüminyum oksit ve demir oksit dâhil olmak üzere çimento

Incinerator bottom ash could be used as a filler in cement without material strength loss

Research published in the International Journal of Environmental Engineering has demonstrated that bottom ash from incinerated municipal solid waste could be used below a certain concentration as a filler in cement without a loss of material strength in construction materials.

ile ilgili temel mineralleri içerdiğini tartışıyor. 100 mikrometreden daha küçük bir parçacık boyutuna öğütüldükten sonra bu malzeme çimentonun sertleşmesini sağlayan kimyasal işlem olan çimento hidrasyonunda kullanılabilir, ancak çimentonun %30'undan fazlasının bu malzeme ile değiştirilmesi, 28 günlük basınç dayanımını yarı yarıya, eğilme dayanımını ise dörtte birinden fazla azaltıyor. Bununla birlikte, daha uzun bir kürleme süresi sonunda hem basınç hem de eğilme dayanımını artırıyor.

Araştırmacılar, genel inşaat için daha düşük ikame seviyeleri önerirken, daha yüksek oranların eğilme dayanımının önemli olduğu

beton kaplama gibi uygulamalar için ayrıldığını belirtiyorlar. Bulgular, yakma atıklarının geri dönüşüm potansiyelini vurgularken, daha geniş kullanımın önündeki engelleri de belirliyor.

Kaynak: https://techxplore.com/news/2026-07-incinerator-bottom-ash-filler-cement.html#google_vignette

Ayda beton



Kaynak: Gemini

Bilim kurgudan stratejik gerekliliğe.

Nesiller boyunca, Ay'da inşaat yapma fikri bilim kurgu alanına aitti. Dev kubbeler ve destekleyici teknolojilerinin altında yer alan Ay şehirlerinin fütüristik tasvirleri, sürekli olarak on yıllarca uzakta gibi görünüyordu.

Bu gelecek, birçok kişinin fark ettiğinden çok daha erken gelebilir, ancak askeri bir boyutla. Yüksek yer her zaman önemlidir ve Ay, ulaşabileceğimiz en yüksek noktadır. Tarihin önde gelen askeri düşünürleri bu ilkeyi uzun zamandır anlamışlardır;

Sun Tzu, "Savaş Sanatı" (MÖ 4. yüzyıl): "...yüksek ve güneşli yerleri işgal etmeli ve orada onun yukarı çıkmasını beklemelisiniz."

Vegetius, "De Re Militari" (MS 5. yüzyıl): "Yer yüzeyinin doğası çoğu zaman cesaretten daha önemlidir."

Concrete on the moon

From science fiction to strategic necessity.

For generations, the idea of building on the moon belonged to the realm of science fiction. Futuristic illustrations of lunar cities beneath giant domes and their supporting technology seemed to be perpetually decades away.

That future may be arriving far sooner than many realize, but with a military twist. The high ground always matters, and the moon is the highest within our reach. History's leading military thinkers have long understood this principle:

Carl von Clausewitz, "Savaş Üzerine" (1832): "Yüksek konumlar üç avantaj sağlar: yaklaşmaya daha büyük engel, daha iyi gözlem ve rakibe yukarıdan bakmanın ahlaki etkisi."

Lyndon B. Johnson, Senato Silahlı Kuvvetler Komitesi Hazırlık Araştırma Alt Komitesine yaptığı açıklamada (1958): "Uzayın kontrolü, dünyanın kontrolü demektir."

Öğreti asla değişmedi; sadece irtifa değişti ve endüstrimiz için uygun bir ironi var; tarihteki her yüksek nokta, onu tahkim ederek elde edildi. Ay'a sadece ulaşmakla kalmayıp, orada inşaat yapabilen taraf, onu elinde tutan taraftır. Bu nedenle, şu anda dünyanın dört bir yanındaki süper güçler tarafından trilyonlarca dolar yatırım yapılıyor.

Ay'da inşaat, neredeyse diğer tüm zorlukla-

rın üzerinde yükselen bir zorluktur. İnsanlığın hayatta kalması, aşırı sıcaklıklardan, güneş radyasyonundan, mikrometeorit çarpmalarından ve aşındırıcı ay tozundan daha dayanıklı bir barınağa ihtiyaç duyar. Geleneksel inşaat malzemelerini Dünya'dan taşımak ekonomik olarak pratik değildir. Açık çözüm, hazır beton endüstrisinin iyi anladığı bir çözümdür: Yerel malzemeleri kullanmak.

En önemli yerel agrega kaynağı

Ay, ay regoliti olarak bilinen parçalanmış kaya ve toz tabakasıyla kaplıdır. Milyarlarca yıl boyunca meteorit çarpmalarıyla oluşan regolit, beton üreticilerinin zaten aşına olduğu malzemelere oldukça benzer olan silikatlar, oksitler ve mineral parçacıkları içerir.

Araştırmacılar, çeşitli yaklaşımlar kullanarak ay regolitini yapısal malzemelere dönüştürmenin yollarını arıyorlar: Kükürt bazlı beton sistemleri, jeopolimer bağlayıcılar, sinterlenmiş regolit ürünü, 3 boyutlu baskı ile üretilmiş ay inşaat malzemeleri ve regolit türevli çimento alternatifleri bunların arasında yer alıyor.

Amaç basit, Ay yüzeyinde zaten mevcut olan kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarırken ithal malzemeleri en aza indirmek.

Birçok yönden Ay inşaatı, endüstrinin Dünya'da çimento tüketimini azaltmak, alternatif bağlayıcılar kullanmak ve sürdürülebilirliği iyileştirmek için devam eden çabalarına benziyor. Fark şu ki, Ay'da alternatif yok. Kaynak verimliliği çevresel bir tercih değil, hayatta kalma gerekliliğidir.

3D baskı her şeyi değiştiriyor

Ay inşaatı için en umut vadeden teknolojilerden biri, büyük ölçekli eklemeli üretimdir. İşçi ekipleri ve inşaat ekipmanı filoları taşımak yerine, robotik sistemler daha önce varıp yapıyı otonom olarak inşa etmeye başlayabilir. Regolit bazlı malzemeler kullanan dev yazıcılar, astronotlar gelmeden önce iniş pistleri, koruyucu duvarlar, depolama tesisleri ve nihayetinde yaşam alanları inşa edebilir.

Bu konsept, beton endüstrisinde hâlihazırda devam eden gelişmeleri yansıtıyor. Dünyanın dört bir yanında müteahhitler evler, köprüler, istinat duvarları ve altyapı bileşenleri basıyor. Henüz gelişmekte olan bu teknolojiler, Dünya'nın ötesinde uygulanabilecek teknikler için değerli bir deneme alanı sağlıyor. Ay, otomatik "beton" inşaatı için nihai test alanı olabilir.

Hayal edilebilecek en zorlu ortam

Ay inşaatı, karasal projeleri görece kolay gösteren zorluklar-

Sun Tzu, "The Art of War" (4th century BC): "... you should occupy the raised and sunny spots, and there wait for him to come up."

Vegetius, "De Re Militari" (5th century AD): "The nature of the ground is often of more consequence than courage."

la karşı karşıyadır. Ay'da gündüz ve gece arasında sıcaklıklar yüzlerce derece değişebilir. Neredeyse hiç atmosfer yoktur. Su kıttır ve yer çekimi, Dünya'ninkinin sadece altıda biridir.

Geleneksel hidratasyon kimyası bu tür koşullar altında farklı davranır. Malzeme performansı, termal hareket, dayanıklılık ve yerleştirme yöntemlerinin tamamı yeniden düşünülmelidir. Ay tozu bile büyük bir mühendislik zorluğu

oluşturmaktadır. Keskin, aşındırıcı parçacıklar ekipmanlara sızar, contalara zarar verir ve mekanik sistemleri tehdit eder.

Geleceğin Ay inşaat uzmanları, geleneksel inşaat uygulamaları kadar malzeme bilimi, robotik ve çevre sistemleri üzerine de zaman harcayacaklardır.

Bu neden sektör için önemlidir?

Ay betonunu ilginç bir bilimsel merak konusu olarak görmezden gelmek cazip gelebilir, ancak bu bir hata olurdu.

Tarih, aşırı ortamlar için geliştirilen teknolojilerin sonunda Dünya'da da uygulama bulduğunu defalarca göstermiştir. Uzay programları zaten iletişim, malzeme, sensör, navigasyon ve bilgisayar alanlarında yeniliklere katkıda bulunmuştur. Aynı model Ay'da da ortaya çıkacaktır.

Düşük su içerikli bağlayıcılar, otonom üretim sistemleri, gelişmiş malzeme karakterizasyonu, robotik yerleştirme ve eklemeli imalat üzerine yapılan araştırmalar, gelecekteki hazır beton işlemlerini doğrudan etkileyebilir. İnsan müdahalesinin minimum olduğu, tehlikeli ortamlarda sürekli çalışan robotik yerleştirme sistemleriyle donatılmış, uçtan uca bir süreci hayal edin. Bu kavramlar şimdi fütüristik görünüyor, ancak cebinizde süper bilgisayar taşımak da öyleydi.

Ay'daki ilk kalıcı yapılar, bilim kurgu filmlerinde tasvir edilen binalara benzemeyebilir. Basit koruyucu barınaklar, iniş pistleri, depolama tesisleri veya regolit ile kaplı yer altı yaşam alanları olabilirler ancak bu ilk yapılar çok önemli bir şeyi temsil edecek. İnsanlık tarihinde ilk kez, inşaat malzemeleri Dünya'nın ötesinde üretilecek ve kullanılacak ve bu dönüm noktasına ulaşıldığında, ilgili teknolojilerin muhtemelen her beton üreticisinin tanıdığı kökleri olacaktır. Agregalar, bağlayıcılar, karışım tasarımı, malzeme optimizasyonu ve yerel kaynakları dayanıklı altyapıya dönüştürmenin zamansız zorluğu. Konum 383 bin kilometre uzakta olabilir. Temeller şaşırtıcı derecede tanıdık kalıyor. İnşaat sektöründeki bir sonraki büyük dönüm noktası belki de Ay'da olabilir.

Kaynak: <https://concreteproducts.com/index.php/2026/07/15/concrete-on-the-moon/>